



Home



Search



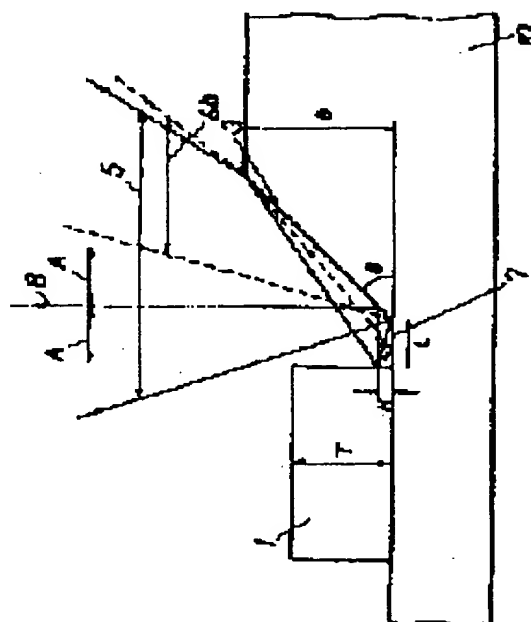
List

☐ Include**MicroPatent® PatSearch FullText: Record 1 of 1**

Search scope: JP (bibliographic data only)

Years: 1991-2004

Patent/Publication No.: (JP04349687)

[Order This Patent](#)[Family Lookup](#)[Find Similar](#)[Legal Status](#)[Go to first matching text](#)**JP04349687 A****SEMICONDUCTOR LASER DEVICE****MATSUSHITA ELECTRON CORP**

Inventor(s): NAKANISHI HIDEYUKI ; YOSHIKAWA AKIO ; SHIMIZU YUICHI

Application No. 03123477 JP03123477 JP, Filed 19910528, A1 Published 19921204

Abstract: PURPOSE: To provide a semiconductor laser device used for optical information processing, optometry, optical communication, etc.

CONSTITUTION: A main face of a semiconductor substrate 10 is stepped via a bevel 3, and the

bottom face 7 of a step carries a semiconductor chip 1. Distance L from the boundary between the step bevel 3 and the bottom face 7 to an end face of the semiconductor laser chip 1, step height D, chip thickness T, height H from the bottom face 7 of the step to a laser light emission point, bevel inclination θ , and spread angle A of a beam free of necessary stray light satisfy a predetermined relational expression, so that only regular reflected light 5 is radiated within a beam angle A requested of a semiconductor laser device.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

Int'l Class: H01S00318; G02B00612 G11B007125 G11B007135

Patents Citing this One: No US, EP, or WO patents/search reports have cited this patent.

[Home](#)[Search](#)[List](#)

For further information, please contact:
[Technical Support](#) | [Billing](#) | [Sales](#) | [General Information](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-349687

(43) 公開日 平成4年(1992)12月4日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18		9170-4M		
G 0 2 B 6/12		B 7036-2K		
G 1 1 B 7/125		A 8947-5D		
7/135		Z 8947-5D		

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平3-123477

(22) 出願日 平成3年(1991)5月28日

(71) 出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 中西 秀行

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 吉川 昭男

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 清水 裕一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電子工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

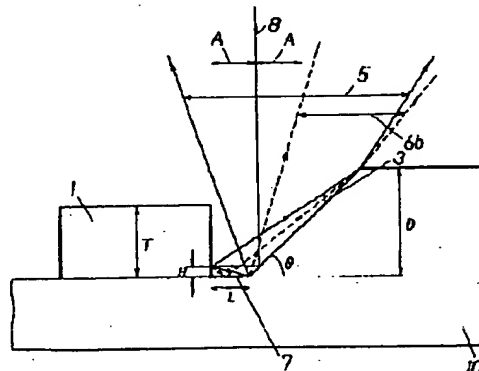
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【目的】 光情報処理、光計測、光通信等に使用する半導体レーザ装置を提供する。

【構成】 半導体基板10の主面に斜面3を介して段差が形成されており、この段差の底面7に半導体レーザ素子1が配置されており、段差の斜面3と底面7との境界線から半導体レーザ素子1の端面までの距離Lおよび段差の高さDと、半導体レーザ素子1の厚さT、段差の底面7からレーザ光出射点までの高さH、斜面3の傾き θ および必要とする迷光のないビームの広がり角Aとが所定の関係式を満足するように構成したもので、半導体レーザ装置に要求されるビームの広がり角A内に正規反射光5のみが放射される。

- 1 半導体レーザ素子
3 反射ミラー (斜面)
4b 透光
7 段差の底面
10 半導体基板
A 必要とされる迷光のないビームの広がり角
D 段差の高さ
H 段差の底面からレーザ光出射点までの距離
L 境界線から半導体レーザ素子の出射端面までの距離
T 半導体レーザ素子の厚さ
 θ 段差の底面に対する斜面の傾き



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 反射ミラーを内蔵する半導体レーザ装置において、半導体レーザ素子を搭載する半導体基板の主面に斜面を介して段差が形成されており、前記段差の底面に半導体レーザ素子が搭載されており、前記段差の斜面と底面とが交差する境界線から前記半導体レーザ素子*

$$\left\{ \frac{H \cos(90-2\theta)}{\tan \theta} + T - H \right\} \tan A - \left\{ 1 - \sin(90-2\theta) \right\} \frac{H}{\tan \theta} \leq L \leq \frac{H}{\tan(A+|90-2\theta|)}$$

の関係が成立するように半導体レーザ素子が半導体基板の段差の底面に配置され、かつ前記半導体基板に形成される段差の高さDが、前記距離L、前記厚さT、前記高さH、前記傾き θ 、前記広がり角Aとの間に

【数2】

$$\frac{L \tan(A-90+2\theta) + H}{1 - \frac{\tan(A-90+2\theta)}{\tan \theta}} \leq D$$

の関係が成立するように半導体基板の段差が形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 半導体レーザ素子のレーザ光出射点に近い側面を半導体基板の段差の底面に接着固定した請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 半導体基板の斜面が、半導体基板の主面に形成された逆四角錐台状の凹部の斜面であって、前記斜面が凹部の底面に対して $35^\circ \sim 55^\circ$ の傾斜を有する請求項1または2記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】 斜面の表面に反射率が30%以上のコーティング薄膜を形成したことを特徴とする請求項1、2または3記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 半導体レーザ素子の後方の半導体基板の上に、前記半導体レーザ素子からの後方出射光強度を検出する受光素子を形成したことを特徴とする請求項1、2、3または4記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】 半導体基板の斜面に半導体レーザ素子の前方出射光強度を検出する受光素子を形成したことを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載の半導体レーザ装置。

【請求項7】 半導体レーザ素子を配置するための半導体基板の上に信号検出用受光素子、半導体レーザ素子駆動回路、検出信号演算回路、検出信号増幅回路のうち少なくとも一つが形成されていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6記載の半導体レーザ装置。

【請求項8】 半導体レーザ素子を配置する半導体基板として、 $\langle 110 \rangle$ 方向に対して $5 \sim 15^\circ$ のオフアングルを有する(100)面シリコン半導体基板を用いたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6または7記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光情報処理、光計測、

*の端面までの距離Lが、半導体レーザ素子の厚さT、段差の底面からレーザ光出射点までの高さH、半導体基板の主面に対する斜面の傾き θ 、半導体レーザ装置に必要とされる迷光のないビームの広がり角（半導体基板主面法線に対するふれ角）Aとの間に

【数1】

光通信等使用する半導体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 以下に従来の半導体レーザ装置について説明する。図8は従来の半導体レーザ装置の構成図である（特開平1-150244号公報参照）。図8において、1は半導体レーザ素子、2は基板、3は斜面（この斜面は反射ミラーとして働くため、以下反射ミラーと称する）、5は正規反射光、6aは迷光、8は正規反射光光軸、9はV状溝側面である。

【0003】 図9は従来の他の半導体レーザ装置の構成図である（特開平1-270382号公報参照）。図9において、1は半導体レーザ素子、2は基板、3は反射ミラー、5は正規反射光、6bは迷光、7は段差の底面、8は正規反射光の光軸、Aは半導体レーザ装置に必要とされる迷光のないビームの広がり角（半導体基板の主面法線に対するふれ角）である。

【0004】 図10は、図9に示す従来例から考えられる半導体レーザ装置の構成図である。図10において、1は半導体レーザ素子、2は基板、3は反射ミラー、5は正規反射光、6bは迷光、7は段差の底面、8は正規反射光光軸、Aは半導体レーザ装置に必要とされる迷光のないビームの広がり角（半導体基板主面法線に対するふれ角）である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上記の従来の構成では、以下に示す課題がある。まず図8に示す従来例では、半導体レーザ素子1から出射され、反射ミラー3およびそれに相対するV状溝側面9で反射し放射される迷光6aが、半導体レーザ素子1から出射され、反射ミラー3で直接反射される正規反射光5の光軸8と同一かまたは近い方向に出射される。この迷光6aは正規反射光5に比べて強度的には小さいが、電界振幅としては無視できないレベルであるため、その合成光が大きく干渉して強度むらが生じ、光ディスク等に反射された光信号を受光する場合にうまく受光できないという課題を有している。

【0006】 また図9に示す従来例では、反射ミラー3の高さおよび反射ミラー3と半導体レーザ素子1との相対位置が規定されていないため、半導体レーザ素子1からの出射光のうち反射ミラー3で直接反射される正規反射光5と段差の底面7と反射ミラー3とで反射される迷

3

光6bとが正規反射光5の光軸8の前後で重なり易く、半導体レーザ装置に必要とされる迷光のない広がり角A内に迷光6bが入り込み、この重複光を集光してもスポットが1点に結ばないという課題を有していた。また半導体レーザ素子1のレーザ光出射点から遠い側面を基板2との接着面の反対側に配置しているが、一般にこの状態では半導体レーザ素子1の活性層で発生した熱が半導体レーザ素子1の内部を伝わり放熱する際に、GaAs基板の熱伝導率が小さいために放熱性が悪く、活性層の温度が上昇し、半導体レーザ素子1の信頼性が悪化するとい

う課題を有していた。
【0007】この課題を解決するために、図10に示すようにレーザ光出射点に近い側面を基板2との接着面に配置することが考えられる。この場合には、半導体レーザ素子1の活性層が段差の底面7に近くなるため熱伝導の問題は解決されるが、半導体レーザ素子1からの出射光のうち反射ミラー3で直接反射される正規反射光5と段差の底面7と反射ミラー3とで反射される迷光6bとが正規反射光5の光軸8の前後で重なり易く、半導体レーザ装置に必要とされる迷光のない広がり角A内に迷光6bが入り込み、この重複光を集光してもスポットが1点に結ばないという課題が残る。

【0008】本発明は上記の従来の課題を解決するもので、必要とする広がり角内には正規反射光のみが放射される半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために本発明の半導体レーザ装置は、半導体基板の主面に斜面を介して段差が形成されており、この段差の底面に半導体レーザ素子が配置されており、段差の斜面と底面との境界線から半導体レーザ素子の端面までの距離および段差の高さと、半導体レーザ素子の厚さ、段差の底面からレーザ光出射点までの高さ、斜面の傾きおよび必要とする迷光のないビームの広がり角とが所定の関係式を満足するように構成したものである。

【0010】

【作用】この構成によって、迷光は半導体レーザ装置に必要とされる迷光のないビームの広がり角の外側に除外*

$$T \tan A \leq H \left\{ \frac{1 - \sin(90 - 2\theta) - \tan A \cdot \cos(90 - 2\theta)}{\tan(A + |90 - 2\theta|)} - \frac{\tan A \cdot \cos(90 - 2\theta)}{\tan \theta} \right.$$

$$\left. + \frac{1 - \sin(90 - 2\theta)}{\tan \theta} + \tan A \right\}$$

【0016】また(数1)の左辺が負になる場合は0と見なす。なお以下に具体的な実施例について説明する。

【0017】(実施例1)図2は本発明の第1の実施例における半導体レーザ装置の構成図で、反射ミラーの角度 $\theta = 45^\circ$ の場合である。図2において各構成要素の符号は図1と同じであり、詳細説明を省略する。なお正

4

*され、しかも反射ミラーで反射した後に他の面で反射することによる迷光は全く発生せず、従って迷光のないビームの広がり角内には正規反射光のみが放射されるようになる。

【0011】なお本発明による構成によれば、半導体レーザ素子がレーザ出射点に近い側面を段差の底部に接着しても、半導体レーザ装置に必要とされる迷光のないビームの広がり角内には一切迷光は入らず、しかも半導体レーザ素子の放熱性を向上することができる。

【0012】また本発明のように半導体レーザ素子と反射ミラーの相対位置を規定することによる上記の効果は半導体基板に集積された反射ミラーでなくても、半導体レーザ素子と反射ミラーを内蔵する半導体レーザ装置全般に適用できるものである。

【0013】

【実施例】以下本発明の一実施例について、図面を参照しながら説明する。図1は本発明の実施例を説明するための半導体レーザ装置の構成図である。図1において、1は半導体レーザ素子、3は反射ミラー(斜面)、5は正規反射光、6bは迷光、7は段差の底面、8は正規反射光光軸、10は半導体基板、Tは半導体レーザ素子1の厚さ、Hは段差の底面7からレーザ光出射点までの高さ、 θ は段差の底面7に対する斜面3の傾き角度、Aは半導体レーザ装置として必要な迷光のないビームの広がり角(段差の底面の主面法線に対するふれ角)、Lは段差の底面7と斜面3との境界線から半導体レーザ素子1の出射端面までの距離、Dは段差の高さである。なお、反射ミラー3の角度 θ としては $35^\circ \sim 55^\circ$ が用いられる。

【0014】以上のように構成された半導体レーザ装置において、距離Lが(数1)の関係を満足するように半導体レーザ素子1が段差の底面7の上に接着固定される。また、この場合の段差の高さDは(数2)の関係を満足するように形成する。ただし、(数1)における距離Lが解を持つためには半導体レーザ素子1の厚さTは(数3)の関係を満足するものとする。

【0015】

【数3】

正規反射光5に関しては正規反射光光軸8を中心として半導体レーザ素子1側を負、その逆を正としている。

【0018】本実施例では、 $\theta = 45^\circ$ を代入することにより、(数1)、(数2)は(数4)、(数5)のように簡略化される。

【0019】

5

【数4】

$$\frac{T \tan A - H}{1 - \tan A} \leq L \leq \frac{H}{\tan A}$$

【0020】

【数5】

$$\frac{L \tan A + H}{1 - \tan A} \leq D$$

【0021】この(数4)、(数5)において、半導体レーザ素子1の厚さ $T=100\mu\text{m}$ 、光出射点までの高さ $H=10\mu\text{m}$ 、半導体レーザ装置に必要とされる迷光のないビームの広がり角 A を $-10^\circ \sim +10^\circ$ とすると、反射ミラー3に対する半導体レーザ素子1の相対位置を決める条件は(数4)より $9.3\mu\text{m} \leq L \leq 56.7\mu\text{m}$ となる。そこでこの条件を満たす L 値としてまず $40\mu\text{m}$ を決定する。同様にして、半導体基板10に形成する段差の高さ D を決める条件は(数5)より $20.7\mu\text{m} \leq D$ となる。そこでこの条件を満たす D 値として $25\mu\text{m}$ を決定する。

【0022】上記の方法で L 、 D 値を決定した場合、図2に示す通りこの半導体レーザ装置から出射される正規反射光5は $-14^\circ \sim +13^\circ$ 、迷光6は $+14^\circ \sim +28.3^\circ$ となり、 $-10^\circ \sim +10^\circ$ の範囲内には迷光6が入らないようにすることができる。

【0023】しかも、この構造は半導体レーザ素子1の発光面が段差の底面7に近いため、図9に示す従来例に比べて放熱性が大きく向上する。例えば、半導体レーザ素子1の厚さ $T=100\mu\text{m}$ 、半導体レーザ素子1の共振器長を $250\mu\text{m}$ とし、半導体レーザ素子1の構造および材質はすべて同じとした場合、図9に示す構造に比べて本発明による構造では熱抵抗が約 100°C/W 低下する。

【0024】なお以上説明した半導体レーザ装置は、具体的には図3にその斜視図を示すような構造となっている。図3において、1は半導体レーザ素子、3は反射ミラー、5は正規反射光、10は半導体基板、11は逆四角錐台状の凹部、12は逆四角錐台状の凹部底面である。本実施例においては半導体基板10に斜面(反射ミラー3)の一つが半導体基板10の主面に対して 45° をなすような逆四角錐台状の凹部11が形成されており、その凹部底面12の上に半導体レーザ素子1が 45° をなす反射ミラー3によってレーザ出射光が反射するように配置されている。逆四角錐台状の凹部11の深さおよび反射ミラー3に対する半導体レーザ素子1の相対位置は、第1の実施例におけるのと同様の方法により決定される。

【0025】このような基板構造は半導体基板10として $\langle 110 \rangle$ 方向に $5 \sim 15^\circ$ のオフアングルを有する(100)面シリコン半導体基板を用い、酸化膜等のエッチングマスクを用いて水酸化カリウム系エッチング液等により異方性エッチングを行うことにより(111)

6

面を4つの斜面とする逆四角錐台状の凹部11が形成できる。この斜面の一つが凹部底面12に対して 45° で交わる反射ミラー3となる。

【0026】(実施例2)図4は第2の実施例における半導体レーザ装置の構成図である。図4において、13は高反射率コーティング薄膜、14は半導体レーザ素子1の後方出射光をモニターする受光素子、15は半導体レーザ素子1の後方出射光であり、その他の図2に示す第1の実施例と同一箇所には同一符号を付して詳細説明を省略する。本実施例においては、段差の底面7に対して 45° をなす反射ミラー3の上に高反射率コーティング薄膜13(例えばAu約3000オングストローム)が形成されており反射率が99%以上になっている。また、段差高さ D および反射ミラー3に対する半導体レーザ素子1の相対位置 L は第1の実施例における場合と同じである。図2に示す第1の実施例と大きく異なる点は、半導体レーザ素子1の前方出射光を制御するため、後方出射光15をモニターする受光素子14を段差の底面7の上に一体的に設けた点である。

【0027】(実施例3)図5は本発明の第3の実施例における半導体レーザ装置の構成図である。図5において、図4に示す第2の実施例と同一箇所には同一符号を付して詳細説明を省略する。なお3aは半導体レーザ素子1の後方に設けた斜面である。

【0028】本実施例においては、段差の底面7に対して 45° をなす反射ミラー3の上に高反射率コーティング薄膜13(例えばAu約3000オングストローム)が形成されており反射率が99%以上になっている。また、段差高さ D および反射ミラー3に対する半導体レーザ素子1の相対位置 L は第1の実施例における場合と同じである。本実施例では、半導体基板10の主面に逆四角錐台状の凹部11を設けたもので、半導体レーザ素子1の後方にも斜面3aが設けられており、この斜面3aを含んで段差の上下面にかけて受光素子14を形成しており、後方出射光15を効率よく検出できるようにしたものである。

【0029】(実施例4)図6は本発明の第4の実施例における半導体レーザ装置の構成図である。図6において、図4に示す第2の実施例と同一箇所には同一符号を付して詳細説明を省略する。なお16は半導体レーザ素子1の前方出射光を直接モニターする受光素子、13aは一部レーザ光を透過する反射コーティング薄膜である。

【0030】本実施例においては、段差の底面7に対して 45° をなす反射ミラー3の上に一部光を透過する反射コーティング薄膜13a(この場合はAu約1000オングストローム)が形成されており、その反射率が50%以上99%以下になっている。また、段差高さ D および反射ミラー3に対する半導体レーザ素子1の相対位置 L は第1の実施例における場合と同じである。本実施例で

7

は、半導体レーザー素子1の前方から出射される正規反射光5は大半が反射ミラー3で反射されるが、一部は反射ミラー3を透過する。この透過した光が反射ミラー3の下に形成された受光素子16で検出され、半導体レーザー素子1の前方出射光を制御できるようになっている。

【0031】（実施例5）図7は本発明の第5の実施例における構成図である。図7において、1は半導体レーザー素子、3は反射ミラー、5は正規反射光、10は半導体基板、11は逆四角錐台状の凹部、12は逆四角錐台状の凹部底面、13は高反射率コーティング薄膜、14は半導体レーザー素子1の後方出射光をモニターする受光素子、15は半導体レーザー素子1の後方出射光、17は信号光検出用の受光素子、18は信号光である。

【0032】本実施例においては、半導体基板10の主面に対して 45° をなす反射ミラー3の上に高反射率コーティング薄膜13（例えばAu約3000オングストローム）が形成されており反射率が99%以上になっている。段差の高さDおよび反射ミラー3に対する半導体レーザー素子1の相対位置Lは第1の実施例における場合と同じである。本実施例では、半導体レーザー素子1の前方出射光を制御するため、半導体レーザー素子1の後方から山射される後方山射光15が受光素子14で効率よく検出されるようになっている。

【0033】なお本実施例は、正規反射光5が光ディスク等により反射されて戻ってきた信号光18を検出するための信号光検出用の受光素子17が半導体基板10の上に形成されており、半導体レーザー素子1、反射ミラー3、受光素子14および受光素子17が同一半導体基板10の上に集積された構造になっている。

【0034】

【発明の効果】以上のように本発明は、半導体基板の主面に斜面を介して段差が形成されており、この段差の底面に半導体レーザー素子が配置されており、段差の斜面と段差の底面との境界線から半導体レーザー素子の出射端面までの距離および段差の高さと、半導体レーザー素子の厚さ、段差の底面からレーザー光出射点までの高さ、斜面の傾きおよび必要とする迷光のないビームの広がり角とが

8

所定の関係式を満足する構成とすることにより、反射ミラーを内蔵する半導体レーザー装置においても、問題になる迷光を半導体レーザー装置に必要とされる迷光のないビームの広がり角の外側に除外することができ、必要角内には正規反射光のみが放射される優れた半導体レーザー装置を実現できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を説明するための半導体レーザー装置の構成図

10 【図2】本発明の第1の実施例における半導体レーザー装置の構成図

【図3】本発明の第1の実施例における半導体レーザー装置の斜視図

【図4】本発明の第2の実施例における半導体レーザー装置の構成図

【図5】本発明の第3の実施例における半導体レーザー装置の構成図

【図6】本発明の第4の実施例における半導体レーザー装置の構成図

20 【図7】本発明の第5の実施例における半導体レーザー装置の斜視図

【図8】従来の半導体レーザー装置の構成図

【図9】他の従来の半導体レーザー装置の構成図

【図10】従来例から考えられる半導体レーザー装置の構成図

【符号の説明】

1 半導体レーザー素子

3 反射ミラー（斜面）

6 b 迷光

30 7 段差の底面

10 半導体基板

A 必要とされる迷光のないビームの広がり角

D 段差の高さ

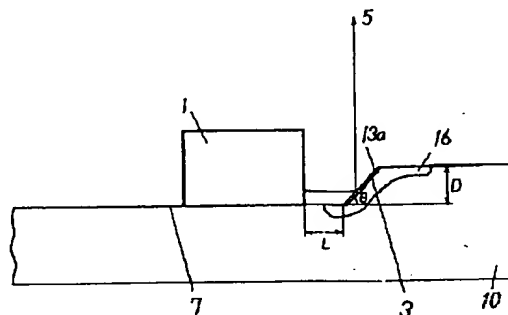
H 段差の底面からレーザー光出射点までの高さ

L 境界線から半導体レーザー素子の端面までの距離

T 半導体レーザー素子の厚さ

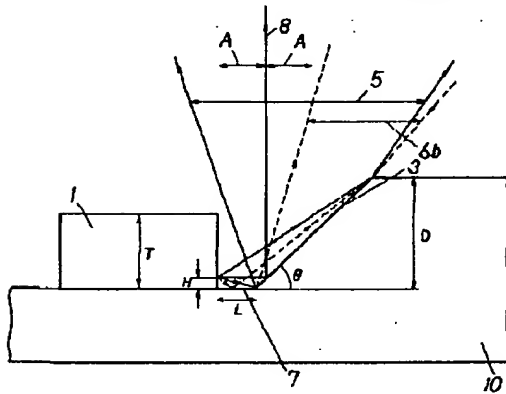
θ 段差の底面に対する斜面の傾き

【図6】



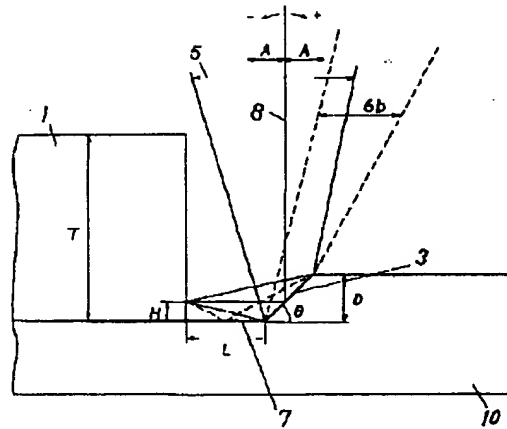
【図1】

- 1 半導体レーザ素子
 3 反射ミラー（斜面）
 6b 透光
 7 投光の端面
 10 半導体基板
 A 必要とされる透光のないビームの広がり角
 D 投光の高さ
 H 投光の端面からレーザ光出射点までの距離
 L 境界線から半導体レーザ素子の出射端面までの距離
 T 半導体レーザ素子の厚さ
 θ 投光の端面に対する斜面の傾き

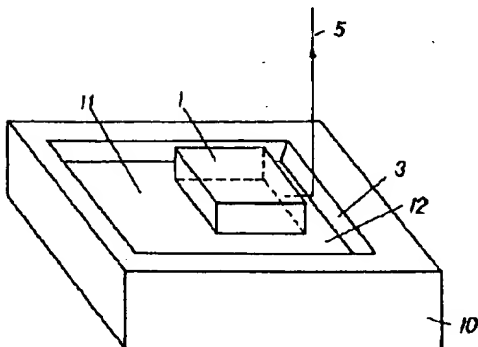


【図2】

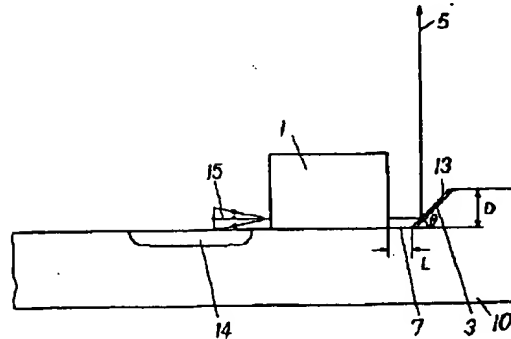
- A $-10 \sim +10^\circ$
 T $100 \mu\text{m}$
 H $10 \mu\text{m}$
 L $40 \mu\text{m}$
 D $25 \mu\text{m}$
 θ $-14^\circ \sim +13^\circ$
 6b $+14 \sim +20.3^\circ$



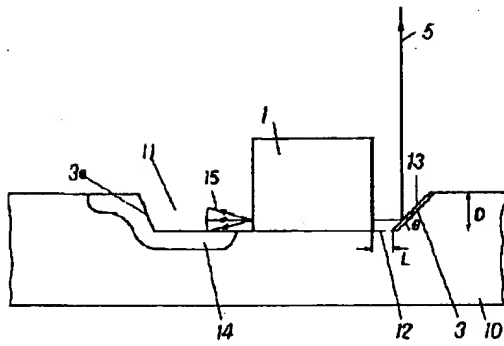
【図3】



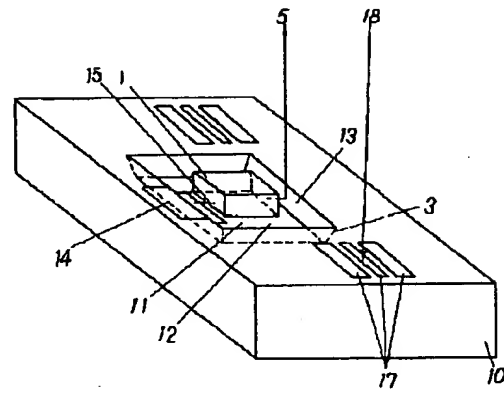
【図4】



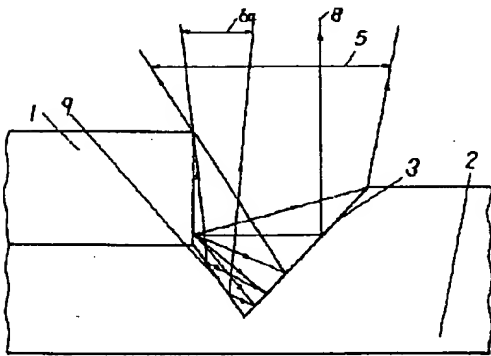
【図5】



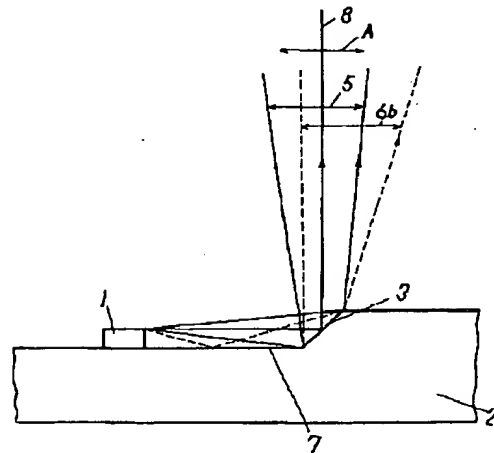
【図7】



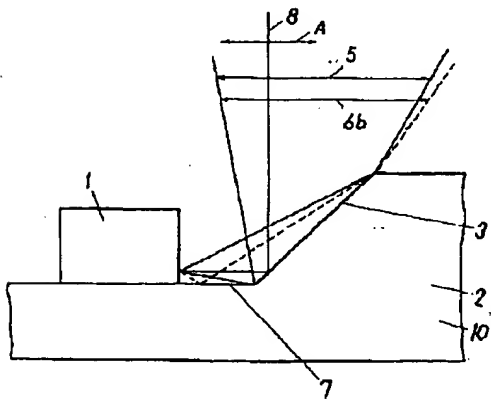
【図8】



【図9】



【図10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.